



MACDONALD ILLIG JONES & BRITTON LLP

IFW

ATTORNEYS AT LAW

100 STATE STREET, SUITE 700
ERIE, PENNSYLVANIA 16507-1459

814-870-7600

FAX 814-454-4647

www.mijb.com

Direct Dial 814-870-7664

E-Mail jwoodard@mijb.com

January 23, 2006

WARREN J. JONES
EDWARD J. GIBBEL, JR.
(REG. PAT. ATTORNEY)
JAMES D. CULLEN
WILLIAM R. BROWN
ROGER H. TAFT
(ALSO ADMITTED IN NY)
DAVID E. HOLLAND
W. PATRICK DELANEY
JAMES M. ANTOUN
JAMES R. WALCZAK
(ALSO ADMITTED IN DC)
RUSSELL S. WARNER
MARCIA H. HALLER
JAMES E. SPODEN
(ALSO ADMITTED IN IL)
DALE E. HUNTLEY
JOHN W. DRASKOVIC
JOHN J. MEHLER

MATTHEW W. McCULLOUGH
SUSAN FUHRER REITER
RICHARD J. PARKS
(ALSO ADMITTED IN OH)
MARK J. SHAW
JOHN F. MIZNER
(ALSO ADMITTED IN NY)
CRAIG R.F. MURPHEY
DANIEL M. MILLER
SHAUN B. ADRIAN
KIMBERLY A. OAKES
LISA SMITH PRESTA
STEVEN C. BECKMAN
THOMAS A. PENDLETON
JOHN A. LAUER
BRUCE L. DECKER, JR.
WALTER E. DEACON, III
(ALSO ADMITTED IN WY)

LAURA POPOFF STEFANOVSKI
GREGORY P. ZIMMERMAN
(ALSO ADMITTED IN NY)
ROBERT E. GANDLEY
CATHERINE MOODEY DOYLE
JON L. WOODARD
(REG. PAT. ATTORNEY)
DAVID F. DIETEMAN
KATHLEEN HAYNE ROBERTSON
SCOTT T. STROUPE
MATTHEW W. FUCHS
(ALSO ADMITTED IN NJ)
RYAN A. CHRISTY
DAWN ROTH SCHULTZ
MARISSA A. SAVASTANA
JENNIFER BROSTMAYER HIRNEISEN
JONATHAN M. D'SILVA
(REG. PAT. ATTORNEY)
MEREDITH SCHULTZ
MICHAEL P. THOMAS

HENRY A. MacDONALD
(1928-1984)
WILLIAM F. ILLIG
(1946-1989)
FREDERICK F. JONES
(1939-1977)
JOHN E. BRITTON
(1948-2004)
—
PETER G. SCHAAF
(RETIRED)
JOHN D. WILSON
(RETIRED)
JOHN J. STROH
(RETIRED)
NORMAN H. STARK
(RETIRED)

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Re: U. S. Patent Application 10/564,170
Filed: January 10, 2006
Inventors: Volker Krink, et al
Title: Method for Supplying a Plasma Torch With a Gas, Mixed Gas or Gas Mixture Comprising Volumetric Flow Regulation in Combination with Pressure Regulation; and Arrangement for Carrying Out Said Method

Dear Sir:

Enclosed is a certified copy of priority document 103 32 569.7 filed in Germany on July 11, 2003 for the above patent application. Also enclosed is a confirmation postcard to be returned to us upon receipt of same.

If you have any questions or require additional information, please contact me at 814-870-7664 or jwoodard@mijb.com.

Very truly yours,

MacDONALD, ILLIG, JONES & BRITTON LLP

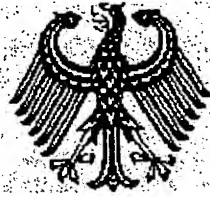
By

Jon L. Woodard

Enclosure

ptc/933708/51034.0000

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



BEST AVAILABLE COPY

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Aktenzeichen:

103 32 569.7

Anmeldetag:

11. Juli 2003

Anmelder/Inhaber:

Kjellberg Finsterwalde Elektroden & Maschinen
GmbH, 03238 Finsterwalde/DE

Bezeichnung:

Verfahren zur Versorgung eines Plasmabrenners mit
einem Gas, Mischgas oder Gasgemisch und Anord-
nung zur Versorgung eines Plasmabrenners mit ei-
nem Gas, Mischgas oder Gasgemisch

IPC:

B 23 K, G 05 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 5. Januar 2006
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

BOEHMERT & BOEHMERT

ANWALTSSOZietät

Boehmert & Boehmert • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen

Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstraße 12
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1973)
DIPL.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1993)
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA*, Bremen
DIPL.-PHYS. DR. HEINZ GODDAR, PA*, München, Shanghai
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA*, München
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante
DIPL.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1933-1992)
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA*, Bremen
MICHAELA IUTH-DIERIG, RA, München
DIPL.-PHYS. DR. MARION TÖNIHARDT, PA*, Düsseldorf
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELLER, RA, Bremen
DIPL.-ING. EVA LIESEGANG, PA*, München
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin
DIPL.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRÜLS, PA*, Frankfurt
DIPL.-PHYS. DR. STEFAN SCHÖLLE, PA*, München
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA*, Bielefeld
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen
DR. JAN BERND NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München
DIPL.-PHYS. CHRISTIAN W. APFELT, PA*, München
DIPL.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA*, Bremen
DIPL.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA*, Berlin
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris
DIPL.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA*, Berlin

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, Potsdam
DIPL.-PHYS. EDUARD BALMANN, PA*, Hohenkirchen
DR.-ING. GERALD KLÖSCH, PA*, Düsseldorf
DIPL.-ING. HANS W. GROENTING, PA*, München
DIPL.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA*, Bielefeld
DIPL.-PHYS. LORENZ HANWITZKE, PA*, Paderborn
DIPL.-ING. ANTON FRIEDRICH REIDERER V. PAAR, PA*, Landskron
DIPL.-ING. DR. JANTONNES, PA, RA, Kiel
DIPL.-PHYS. CHRISTIAN BEHL, PA*, Kiel
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIFFEL, RA*, Potsdam
DR. KLAUS TIM BRÖCKER, RA, Berlin
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam
DIPL.-ING. NILS T. F. SCHMID, PA*, München, Paris
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., PA*, München
DIPL.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München
DIPL.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA*, Frankfurt
PASCAL DECKER, RA, Berlin
DIPL.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen
DIPL.-CHEM. DR. JÖRK ZWICKER, PA, München
DR. CHRISTIAN MEISSNER, RA, München
DIPL.-PHYS. DR. MICHAEL HARTIG, PA, München

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with
DIPL.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA*, München

PA = Patentanwalt/Patent Attorney
RA = Rechtsanwalt/Attorney at Law
* = European Patent Attorney
o = Maître en Droit
o = Licencié en Droit
- Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante
Professionals Representation at the Community Trademark Office, Alicante

Ihr Zeichen
Your ref.

Ihr Schreiben
Your letter of

Unser Zeichen
Our ref.

Bremen,

Neuanmeldung
Patent

K10244

10. Juli 2003

Kjellberg Finsterwalde Elektroden & Maschinen GmbH, Leipziger Straße 82,
D-03238 Finsterwalde

„Verfahren zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasgemisch
und Anordnung zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasge-
misch“

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasgemisch, bei dem eine Volumenstromregelung des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches durchgeführt wird. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung eine Anordnung zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas oder Mischgas oder Gasgemisch, mit einer Einrichtung zur Zuführung des Gases oder Mischgases oder Gasgemisches zum Plasmabrenner und einer Volumenstromeinrichtung zur Regelung des Volumenstromes des Gases oder Mischgases oder Gasgemisches.

- 28.173 -


Hollerallee 32 • D-28209 Bremen • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen • Telefon +49-421-34090 • Telefax +49-421-3491768

MÜNCHEN • BREMEN • BERLIN • DÜSSELDORF • FRANKFURT • BIELEFELD • POTSDAM • KIEL • PADERBORN • LANDSHUT • HOHENKIRCHEN • ALICANTE • PARIS • SHANGHAI

<http://www.boehmert.de>


e-mail: postmaster@boehmert.de

Als Plasmagas werden unterschiedliche Gase, zum Beispiel das einatomige Argon und/oder die zweiatomigen Gase Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff oder Luft eingesetzt. Diese Gase ionisieren und dissoziieren durch die Energie des Plasmalichtbogens. Ein Plasmamischgas ist ein bereits vom Lieferanten vorgemischtes Plasmagas, während ein Plasmagasmisch ein erst vor Ort gemischtes Plasmagas ist.



In der Regel wird bei einem Plasmabrenner das Plasma durch eine wassergekühlte Düse eingeschnürt. Dadurch können Energiedichten bis $2 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ erreicht werden. Im Plasmabogen eines Plasmaschneidbrenners entstehen Temperaturen bis 30.000°C , die in Verbindung mit der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Plasmagases sehr hohe Schneidgeschwindigkeiten an allen elektrisch leitfähigen Werkstoffen realisieren.

Für einen Plasmaschneidprozeß wird zunächst ein Pilotlichtbogen zwischen Düse und Kathode des Plasmaschneidbrenners mittels Hochspannung gezündet. Dieser energiearme Pilotbogen bereitet durch teilweise Ionisation die Strecke zwischen Plasmaschneidbrenner und Werkstück vor. Berührt der Pilotbogen das Werkstück, kommt es zur Ausbildung des Schneidlichtbogens.



Plasmaschneiden ist ein etabliertes Verfahren zum Schneiden elektrisch leitender Werkstoffe. Je nach Schneidaufgabe werden unterschiedliche Gase und Gasgemische eingesetzt. Übliche Gase und Gasgemische sind zum Beispiel Luft, Sauerstoff, Stickstoff und deren Gasgemische sowie Argon/Wasserstoff/Stickstoff-Gemische.

Unlegierte Stähle werden in der Regel mit Luft oder Sauerstoff geschnitten. Legierte Stähle und Nichteisenmetalle werden vorzugsweise mit speziellen Argon-Wasserstoff-, Stickstoff-Wasserstoff- bzw. Argon-Wasserstoff-Stickstoff-Gemischen geschnitten. Zur Verbesserung der Schnittqualität wird heutzutage auch ein zusätzliches Sekundärgas, das den Plasmastrahl zusätzlich umströmt, eingesetzt. Das zusätzliche Sekundärgas hat die Aufgaben, die Düse des Plasmaschneidbrenners bei Einstechen in das Werkstück vor zurückspritzendem Werkstück-

material und damit vor einer Schädigung zu schützen, die Schmelze beim Schneiden so zu beeinflussen, daß ein bartfreier Schnitt entsteht und als Schutzgas die bereits geschnittene und noch heiße Schnittoberfläche vor Oxidation zu schützen.

Diese Plasma- und Sekundärgase sowie –mischgase und –gasgemische werden über Leitungen und Magnetventile den Plasmaschneidbrennern zugeführt. Eine Dosierung dieser Gase erfolgt meistens über die Stellung oder Regelung des Druckes.

Die Druckregelung kann sowohl mechanisch über Druckminderer, als auch elektronisch über Druckregelventile erfolgen. Der Einsatz elektronischer Druckregler ist insbesondere in automatisierten Systemen, bei denen unterschiedlichste Parameter des Plasmaschneidens, wie der Schneidstrom, die Schneidspannung, der Gasdruck, die Schneidgeschwindigkeit, die Materialdicke und der Plasmaschneidbrennerabstand in Datenbanken abgelegt sind, um eine möglichst hohe Reproduzierbarkeit des Schnittergebnisses zu erreichen, üblich.

So wird in der DE 195 36 150 C2 eine Einrichtung und ein Verfahren zur Gassteuerung eines Plasmabrenners beschrieben, bei denen die Gasströmung durch eine Anordnung bestehend aus einem Proportionalventil, einem Drucksensor und einer Blende im Plasmabrenner eingestellt wird.

In der EP 0 697 935 B1 erfolgt die Gasdosierung mit Hilfe veränderlicher Nadelventile. Der Querschnitt der Nadelventile bestimmt in Kombination mit dem eingestellten Druck die Gasmenge. Der Volumenstrom kann dabei mit Hilfe von Schwebekörper-Meßröhren angezeigt werden.

Eine Erzeugung von Gasgemischen, die insbesondere für die Bearbeitung von legierten Stählen und Nichteisenmetallen benötigt werden, kann jedoch mit Hilfe einer Druckregelung nicht reproduzierbar erfolgen. Es wurde daher versucht, durch Hilfseinrichtungen diesen Nachteil zu verringern. So wird in der DD 54 347 der Einsatz einer Mischkammer mit Druckblenden

beschrieben. Dies schafft aber auch keine Abhilfe, da das Mischungsverhältnis stark begrenzt ist.

Besonders das Mischen von Gasen unterschiedlicher Dichte und unterschiedlichster Mischungsverhältnisse bereitet die größten Schwierigkeiten. Auch der Einsatz verschiedener bekannter Mischeinrichtungen, wie zum Beispiel T-Fittings, Injektoren, Labyrinthanordnungen und Anordnungen von Düsen, wie zum Beispiel in der DD 132247 beschrieben, können nicht die optimalen benötigten unterschiedlichsten Mischungsverhältnisse erzeugen.

Es ist aber auch eine Gasdosierung mittels reiner Volumenstromregelung bekannt. Damit können definierte Gasgemische reproduzierbar erzeugt werden.

In der US-6,972,248 B1 werden ein Verfahren und eine Anordnung zur Reduzierung des Elektroden- und Düsenverschleißes beim Sauerstoff-Plasmaschneiden durch Verwendung eines Sauerstoff-Stickstoff-Gemisches anstelle reinen Sauerstoffs beschrieben. Bei dem bekannten Verfahren wird ein konstanter Volumenstrom der einzelnen Plasmagase mittels einer Anordnung, bestehend aus Nadelventilen und Differenzdruckmessern, derart erzeugt, daß der Differenzdruck vor und hinter den Differenzdruckmessern mit Hilfe der vorgeschalteten Nadelventile, konstant gehalten wird. Zwischen den Regelstrecken und dem Plasmabrenner befinden sich Druckreduzierventile, die den Maximaldruckversorgungsdruck für den Plasmabrenner begrenzen.

So werden in dem deutschen Gebrauchsmuster DE 201 21 641.8 U1 ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 und eine Anordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 14 beschrieben.

Wenn eine Volumenstromregelung zwar einen in Abhängigkeit vom Meßverfahren nahezu konstanten Volumenstrom eines Gases bzw. mehrerer Gase und eine reproduzierbare Herstellung eines Gasgemisches ermöglicht, ist die damit erzielbare Schnittqualität der geschnit-

tenen Materialien, insbesondere beim Schnittbeginn, ungenügend. Die ungenügende Schnittqualität kann zum Beispiel in einem unsicheren Einstechen (zum Beispiel kein oder verzögertes Übersetzen eines Pilotbogens) in das zu schneidende Material, unsicherem Durchschneiden (zum Beispiel Stehenbleiben von Material), Bartbildung (Schlacke an Werkstückunterseite) und starker Winkelabweichung (zum Beispiel Überschreitung von Rechtwinkeligkeits- oder Neigungstoleranz) bestehen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und die gattungsgemäße Anordnung derart weiterzubilden, daß sich damit bessere Schnittqualitäten erzielen lassen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, daß die Volumenstromregelung in Kombination mit einer Druckregelung des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches durchgeführt wird derart, daß mittels der Druckregelung der Betrag des Gesamtvolumenstroms durch die Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregelung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Gaszusammensetzung geregelt werden.

Zudem wird diese Aufgabe bei der gattungsgemäßen Anordnung dadurch gelöst, daß die Volumenstromregleinrichtung mit einer Druckregleinrichtung zur Regelung des Druckes des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches derart kombiniert ist, daß mittels der Druckregleinrichtung der Betrag des Gesamtvolumenstroms durch die Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregleinrichtung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Gaszusammensetzung geregelt werden.

Bei dem Verfahren kann vorgesehen sein, daß der Druck im Innenraum des Plasmabrenners zwischen der Elektrode und der Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners direkt oder indirekt gemessen wird.

Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß der Druck in Gaszuführungsrichtung vor dem Plasmabrenner gemessen wird.

Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Volumenstromregelung mittels einer Volumenstromregeleinrichtung bzw. mittels Volumenstromregeleinrichtungen durchgeführt wird und der Druck zwischen der bzw. den Volumenstromregeleinrichtung(en) und dem Plasmabrenner gemessen wird.

Weiterhin ist denkbar, daß die Drücke der Einzelgase oder einzelnen Mischgase gemessen werden und ein mittlerer Druck aus den gemessenen Drücken gebildet wird.

Alternativ können die Einzelgase oder einzelnen Mischgase zusammengeführt werden und der resultierende Druck gemessen werden. Die Zusammenführung der Einzelgase oder Mischgase kann zum Beispiel dadurch erfolgen, daß die Gasschläuche, in denen die Einzelgase oder Mischgase zugeführt werden, miteinander verbunden werden. Dadurch entsteht ein gemeinsamer Raum, in dem sich alle drei Einzelgase bzw. Mischgase befinden.

Weiterhin kann auch vorgesehen sein, daß mindestens zwei Einzelgase oder Mischgase zusammengeführt werden und der resultierende Druck gemessen wird. Wenn also nicht für jedes Einzelgas bzw. Mischgas der Druck gemessen wird, läßt sich damit der Geräteaufwand reduzieren.

Günstigerweise wird der Volumenstrom eines Gasgemisches geregelt, indem die Volumenströme der Einzelgase oder einzelnen Mischgase des Gasgemisches geregelt werden.

Vorteilhafterweise wird mindestens ein Volumenstrom auf der Basis der kalorimetrischen Messung des Volumenstroms, auf der Basis der Messung des Volumenstroms aus dem Differenzdruck oder auf der Basis einer Impulsmessung geregelt.

Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der Plasmabrenner zusätzlich mit Sekundärgas oder Sekundärmischgas oder Sekundärgasgemisch versorgt wird und der Volumenstrom des Sekundärgases oder Sekundärmischgases oder Sekundärgasgemisches geregelt wird.

Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß die Volumenstromregelung des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches in Kombination mit einer Druckregelung des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches durchgeführt derart, daß mittels der Druckregelung der Betrag des Gesamtvolumenstroms des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches durch die Sekundärgasdüse des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregelung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Sekundärgaszusammensetzung geregelt werden.

Vorteilhafterweise Verfahren wird der Plasmabrenner vor der Versorgung mit dem Gas bzw. Mischgas bzw. Gasgemisch mit einem Vorströmgas mit Druckregelung und/oder nach der Versorgung mit dem Gas bzw. Mischgas bzw. Gasgemisch mit einem Nachströmgas mit Druckregelung separat versorgt wird.

Schließlich kann bei dem Verfahren vorgesehen sein, daß das Gas, Mischgas oder Gasgemisch ein Plasmagas, Plasmamischgas oder Plasmagasgemisch ist.

Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß durch Kombination von Volumenstromregelung und Druckregelung in der beanspruchten Weise der tatsächlich durch die Plasmabrennerdüse gehende Volumenstrom geregelt werden kann. Wie nämlich Untersuchungen ergeben haben, ist für die Schnittqualität letztlich der Volumenstrom, der tatsächlich durch die Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners geht, und nicht der durch die Volumenstromregler strömende Gasvolumenstrom entscheidend. Gasschläuche, die den Plasmabrenner mit den Volumenstromreglern verbinden, führen jedoch dazu, daß der Volumenstrom durch die Volumenstromregler nicht mit dem tatsächlich durch die Plasmabrennerdüse gehenden Volumenstrom identisch ist. Ursache für die Differenz zwischen dem Volumenstrom in den Volumenstromreglern und der Plasmabrennerdüse sind das Volumen der sich dazwischen befindenden Gasschläuche und die Kompressibilität von Gasen.

Dies macht sich insbesondere bei Übergängen zwischen den beim Plasmaschneiden auftretenden unterschiedlichen Betriebszuständen bemerkbar. Im Innenraum des Plasmabrenners (zwischen Elektrode und Plasmabrennerdüse) werden nämlich in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand, wie Prozeßstart, Pilotlichtbogen, Hauptlichtbogen und Prozeßende unterschiedliche Innendrucke benötigt, um einen bestimmten Volumenstrom zu realisieren. Diese werden durch die veränderlichen Lichtbogenströme, die einen unterschiedlichen Durchmesser des Plasmastrahls erzeugen und somit den Düsenkanal verengen, erzeugt. So betragen die Ströme bei Pilotlichtbogen beispielsweise 10 – 25 A und beim Hauptlichtbogen 20 – 1000 A.

Mit der vorliegenden Erfindung kann auf schnell veränderliche Druckverhältnisse im Innenraum des Plasmabrenners, insbesondere während der Übergangsvorgänge, wie zum Beispiel Zünden des Pilotbogens, Übersetzen des Pilotbogens zum Werkstück und Ausbilden des Hauptbogens (Schneiden) reagiert werden, ohne das Mischungsverhältnis des Gasgemisches zu verändern. Dies gelingt dadurch, daß das Ergebnis der Druckmessung dem Sollwert der Volumenstromregelung derart überlagert wird, daß ein vom Betriebszustand des Plasmabrenners unabhängiger Druck im Raum zwischen den Volumenstromregelungseinrichtungen

gen und dem Plasmabrenner bzw. im Innenraum des Plasmabrenners realisiert wird und das Mischungsverhältnis des Gasgemisches unverändert bleibt. Damit steht ein optimales Plasmagasgemisch von Beginn an dem Schneidprozeß zur Verfügung.

Sowohl Einzelgase an sich als auch die Einzelgase für Gasgemische können in großen Bereichen geregelt und damit der Schneidaufgabe optimal angepaßt werden. So wird eine große Reproduzierbarkeit der Schnittergebnisse erreicht.

Die Stellung des Volumenstromes kann beispielsweise mit Hilfe von Proportionalventilen oder Motorventilen erfolgen. Die Messung des Drucks kann mit Hilfe an sich bekannter Drucktransmitter erfolgen.

Die Volumenstrom- und Druckregelung können analog oder digital und entsprechend ansteuerbar sein. Der gemessene Volumenstrom kann visualisiert und überwacht werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in ein Qualitätssicherungs- und Dokumentationssystem eingebunden werden. In Auswertung mit anderen Prozeßparametern können Rückschlüsse auf die Schneidqualität gezogen werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachstehenden Beschreibung, in der zwei Ausführungsbeispiele anhand der schematischen Zeichnungen im einzelnen erläutert sind. Dabei zeigt:

Figur 1 schematisch eine Anordnung zur Versorgung eines als Plasmaschneidbrenner ausgeführten Plasmabrenners mit einem Plasmagasgemisch und einem Sekundärgasgemisch gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung;

Figur 2 eine Anordnung zur Versorgung eines als Plasmaschneidbrenner ausgeführten Plasmabrenners mit Plasmagasgemisch und Sekundärgasgemisch gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung;

Figur 3 schematisch eine Anordnung zur Versorgung eines als Plasmaschneidbrenner ausgeführten Plasmabrenners mit einem Sekundärgasgemisch gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung; und

Figur 4 ein Detail von Figur 1.

Die Figur 1 zeigt eine Anordnung 10 zur Versorgung eines als Plasmaschneidbrenner ausgeführten Plasmabrenners, von dem nur eine Elektrode 12, eine Plasmabrennerdüse 14 und eine Sekundärgasdüse 16 gezeigt sind, mit einem Argon/Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch zum Plasmaschneiden legierter Stähle und Nichteisenmetalle. Sie umfaßt eine Einrichtung 18 zur Zuführung eines Plasmagasgemisches, die für jedes Einzelgas, nämlich Argon (Ar), Wasserstoff (H_2) und Stickstoff (N_2), des Plasmagasgemisches (Argon/Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch) eine Einzelgasquelle (nicht gezeigt) aufweist, die über eine jeweilige Schlauchleitung 6a, 6b, 6c mit einer Plasmagasmischeinrichtung 22 verbunden ist. Die Plasmagasmischeinrichtung steht über einen Plasmagasgemischschlauch 9a mit der Plasmabrennerdüse 14 in Verbindung.

Weiterhin ist eine Einrichtung 20 zur Zuführung eines Sekundärgasgemisches vorgesehen. Diese umfaßt Quellen (nicht gezeigt) für die Einzelgase, das heißt in diesem Fall N_2 und H_2 , des Sekundärgases, die über jeweilige Schlauchleitungen 6d und 6e mit einer Sekundärgasmischeinrichtung 26 in Verbindung stehen, die über eine Schlauchleitung 7d und einen Sekundärgasgemischschlauch 9d mit der Sekundärgasdüse 16 in Verbindung steht.

In jeder Schlauchleitung 6a, 6b und 6c sowie 6d und 6e sind jeweils ein Druckschalter 2a, 2b, 2c, 2d bzw. 2e und eine Volumenstromregeleinrichtung 1a, 1b, 1c, 1d bzw. 1e und ein Magnetventil 3a, 3b, 3c, 3d bzw. 3e in Reihe hintereinander vorgesehen.

In der Einrichtung 18 zur Zuführung eines Plasmagasgemisches ist darüber hinaus dem jeweiligen Magnetventil 3a, 3b bzw. 3c eine Druckmeßeinrichtung 4a, 4b bzw. 4c nachgeschaltet. Die Druckmeßeinrichtungen 4a, 4b und 4c stehen über Signalleitungen mit einer Steuereinrichtung 5 in Verbindung, die wiederum über eine jeweilige Steuerleitung mit den Volumenstromregeleinrichtungen 1a, 1b und 1c in Verbindung steht.

Hinter den Druckmeßeinrichtungen 4a, 4b und 4c sind in den Schlauchleitungen 7a, 7b und 7c jeweilige Magnetventile 8a, 8b und 8c angeordnet. Hinter den Magnetventilen 8a, 8b und 8c werden die Schlauchleitungen 7a, 7b und 7c zum Plasmagasgemischschlauch 9a zusammengeführt.

In der Einrichtung 20 zur Zuführung eines Sekundärgasgemisches sind die Schlauchleitungen 6d und 6e hinter den Magnetventilen 3d und 3e über die Sekundärgasmischeinrichtung 26 zur Schlauchleitung 7d zusammengeführt. Dahinter ist auf der Seite des Plasmabrenners ein Magnetventil 8d angeordnet.

Nachfolgend wird der Betrieb der Anordnung 10 von Figur 1 erläutert:

Die Einzelgase für das Plasmagas, im vorliegenden Fall Argon, Stickstoff und Wasserstoff werden den Volumenstromregeleinrichtungen 1a, 1b und 1c über die Schlauchleitungen 6a, 6b und 6c zugeführt. Die Druckschalter 2a, 2b und 2c überwachen das Vorhandensein eines minimal benötigten Gasdrucks. Einzelne Volumenstromsollwerte w_1 , w_2 , w_3 werden von der Steuereinrichtung 5 entsprechend den gewählten Parametern den jeweiligen Volumenstromregeleinrichtungen 1a, 1b und 1c übermittelt. Vor Beginn des Plasmaschneidprozesses werden die Magnetventile 3a, 3b und 3c und zunächst auch die Magnetventile 8a, 8b und 8c geöffnet,

um die Schlauchleitungen 6a, 6b und 6c zu spülen. Danach werden die Schlauchleitungen 6a, 6b und 6c durch die Volumenstromregeleinrichtungen 1a, 1b und 1c auf den von der Steuereinrichtung 5 vorgegebenen Druck, der durch die Druckmeßeinrichtungen 4a, 4b und 4c ermittelt wird, gefüllt. Dies geschieht bei geschlossenen Magnetventilen 8a, 8b und 8c, damit sich der Druck aufbauen kann. Vorteilhafterweise findet die Befüllung der Schlauchleitungen 6a, 6b und 6c mit demselben Druck, beispielsweise 4 bar, statt, damit zu Beginn des Plasmaschneidprozesses keine Ausgleichsvorgänge zwischen den Einzelgasen stattfinden.

Zu Beginn des Plasmaschneidprozesses werden die Magnetventile 3a, 3b, 3c und 8a, 8b sowie 8c geöffnet und werden die entsprechenden Volumenströme der Einzelgase und damit der Gesamtvolumenstrom des Plasmagasgemisches eingestellt. Dabei wird der Druck einer Druckmeßeinrichtung, zum Beispiel 4a, von der Steuerung 5 ausgewertet, da bei geöffneten Magnetventilen 8a, 8b und 8c ein Raum entstanden ist, in dem alle Schlauchleitungen 6a, 6b und 6c miteinander verbunden sind. Es ist auch möglich, alle Druckmeßeinrichtungen 4a, 4b und 4c auszuwerten und dann beispielsweise einen mittleren Druck anhand der gemessenen Drücke zu bilden. In der Vorströmzeit, das heißt unmittelbar vor Zünden des Pilotbogens, strömt dann ein definiertes Plasmagasgemisch mit einem vorgewählten Druck, zum Beispiel 4 bar, durch den Plasmabrenner. Der resultierende Druck wird der Steuereinrichtung 5 zugeführt und so verarbeitet, daß die gewählten Volumenstromsollwerte w_1 , w_2 und w_3 zu neuen Volumenstromsollwerten w_1^* , w_2^* und w_3^* gewandelt werden, die den gewünschten Druck im Innenraum des Plasmabrenners bei konstanter Gasmischung zwischen den Volumenstromregeleinrichtungen 1a, 1b und 1c und Plasmabrenner einstellen. Nach Zünden des Pilotbogens wird der Druck auf den für den Plasmaschneidprozeß benötigten Druck, zum Beispiel 6 bar, erhöht. Dies geschieht durch Anheben des Drucksollwertes p_{soll} (siehe Figur 4) in der Steuereinrichtung 5, wobei der erhöhte Drucksollwert p_{soll} die Volumenströme der Einzelgase entsprechend erhöht. So wird realisiert, daß immer der gewünschte Druck in dem Innenraum des Plasmabrenners und das gewünschte Plasmagasmischungsverhältnis anliegen.

Auch Druckschwankungen vor dem Plasmabrenner während der Betriebszustände werden ausgeglichen, zum Beispiel bei Stromabsenkung beim Schneiden einer Ecke oder am Ende eines Schnitts.

Mit den Volumenstromsollwerten w_1 , w_2 und w_3 werden die Volumenströme der Einzelgase und damit das Mischungsverhältnis gewählt. Der Druck vor dem Plasmabrenner bestimmt den Druck im Innenraum des Plasmabrenners zwischen der Elektrode 12 und der Plasmabrennerdüse 14 und damit auch den Volumenstrom, der letztlich durch die Plasmabrennerdüse 14 fließt. Der durch die eingestellten Volumenströme erreichte Druck wird mittels der Druckeinrichtung 4a als Druckistwert p_{ist} gemessen und der Steuereinrichtung 5 zugeführt. Stimmt dieser Druckistwert p_{ist} nicht mit dem gewählten Drucksollwert p_{soll} überein, das heißt, reichen die Volumenströme durch die Volumenstromregleinrichtungen 1a, 1b und 1c nicht aus, um den Drucksollwert p_{soll} zu erreichen, wird die Druckdifferenz $\Delta p = p_{soll} - p_{ist}$ ermittelt und mit einem Faktor k multipliziert zum Volumenstromsollwert w_1 , w_2 bzw. w_3 der Volumenstromregleinrichtungen 1a, 1b und 1c addiert. Dies wird durch die nachfolgende Gleichung wiedergegeben:

$$w^* = w + k \times \Delta p.$$

Dadurch ergeben sich die bearbeiteten Volumenstromsollwerte w_1^* , w_2^* und w_3^* . Ist der Druckistwert p_{ist} größer als der Drucksollwert p_{soll} , so ist Δp negativ (siehe Figur 4). Dadurch verringern sich die Volumenstromsollwerte für die Volumenstromregleinrichtungen 1a, 1b und 1c. Die einstellbaren Volumenströme, Gasgemische und Drücke lassen sich auf einem Bedienfeld durch Software auf sinnvolle und sichere Werte begrenzen.

Mit der vorangehend beschriebenen Anordnung ist selbstverständlich auch die Regelung von Einzelgasen, sowohl von oxidierenden, wie zum Beispiel Luft, Sauerstoff, und nichtoxidierenden, wie Argon, Wasserstoff, Stickstoff oder deren Gemische möglich.

Es besteht die Möglichkeit, mit dem Plasmabrenner mit Luft und Sauerstoff unlegierten Stahl und mit einem Argon-Wasserstoff-Stickstoff-Gemisch legierte Stähle zu schneiden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, mit dieser Anordnung ein Plasmaschneid- und Plasmamarkierverfahren durchzuführen. Beim Wechsel zwischen vorgenannten Verfahren muß zwischen unterschiedlichen Plasmagasen umgeschaltet werden. So wird beispielsweise beim Plasmaschneiden von Baustahl Sauerstoff und beim Plasmamarkieren ein Argon-Stickstoff-Gemisch verwendet. Der Plasmagaswechsel soll dabei wegen hoher Produktivität schnell erfolgen. Es muß jedoch sichergestellt werden, daß ein vollständiger Plasmagasaustausch stattgefunden hat. Deshalb müssen die Schlauchleitungen 6a, 6b und 6c entlüftet und mit dem neuen Plasmagasgemisch gespült und gefüllt werden. Da die Plasmabrennerdüse 14 oftmals eine sehr kleine Bohrung aufweist (zum Beispiel mit einem Durchmesser von 0,7 mm), kann dieser Vorgang relativ lange, in Abhängigkeit von der Länge der Schlauchleitungen beispielsweise 10 Sekunden und länger dauern. Zur Verkürzung der Zeit ist ein Magnetventil 8e vorgesehen, das die Gasschläuche 7a, 7b und 7c bei geöffneten Magnetventile 8a, 8b oder 8c schnell entlüftet. Dadurch kann die Zeit auf unter 3 Sekunden reduziert werden.

Figur 2 zeigt eine Anordnung 10, die sich von der Anordnung von Figur 1 durch eine kombinierte Vorströmgas- und Nachströmgaszuführeinrichtung, umfassend ein Magnetventil 3f, eine Schlauchleitung 7f und ein Magnetventil 8f, zur separaten Zuführung eines Vorström- und eines Nachström-gases zum Plasmabrenner und durch eine Druckregeleinrichtung 17 zur Regelung des Druckes des Vorström- und des Nachström-gases unterscheidet. Weiterhin unterscheidet sich die Anordnung 10 von Figur 2 von der Anordnung von Figur 1 darin, daß die Plasmagase Argon und Stickstoff schon in der Einrichtung 18 zur Zuführung eines Plasmagasgemisches in einer Plasmagasmischeinrichtung 24 gemischt werden.

Der Vorteil der Anordnung 10 von Figur 2 besteht darin, daß das Vorströmgas mit einem anderen Druck, zum Beispiel 4 bar, durch den Plasmabrenner strömen kann, während die zum Plasmaschneiden benötigten Gase bereits mit dem zum Plasmaschneiden benötigten Druck,

zum Beispiel 6 bar, vor Plasmaschneidbeginn bis zu den Magnetventilen 8a und 8c anliegen. Damit entfällt die in Figur 1 noch benötigte Umschaltung des Drucks von 4 bar auf 6 bar bei Zündung des Pilotbogens. Während des Vorströmens sind die Magnetventile 3a, 3b, 3c und 3f sowie das Magnetventil 8f geöffnet. Die Schlauchleitungen 7a und 7c werden durch die Volumenstromregleinrichtungen 1a und 1c bis auf den von der Steuereinrichtung 5 vorgegebenen Druck, der durch die Druckmeßeinrichtungen 4a und 4c ermittelt wird, gefüllt. Dabei sind die Magnetventile 8a und 8c des Plasmabrenners geschlossen, damit sich der Druck von beispielsweise 6 bar aufbauen kann.

Nach Zünden des Pilotbogens werden die Magnetventile 8a und 8c geöffnet und die Magnetventile 3f und 8f geschlossen. Auch hier werden durch die Verarbeitung der Druckmeßwerte der Druckmeßeinrichtung 4a in der Steuereinrichtung 5 die Volumenströme der Einzelgase so beeinflusst, daß immer der gewünschte Druck und das gewünschte Plasmagasmischungsverhältnis am Plasmabrenner anliegen. Nach Beendigung des Plasmaschneidens werden die Magnetventile 8a und 8c wieder geschlossen und die Magnetventile 3f und 8f geöffnet. Dadurch kann nachfolgend Nachströmgas zugeführt werden.

In den Figuren 1 und 2 wird das Sekundärgas nur durch die Volumenstromregleinrichtungen 1d und 1e geregelt, die während des gesamten Plasmaschneidprozesses den Sekundärgasvolumenstrom bei geöffneten Magnetventilen 3d, 3e und 8d konstant halten. Bei Plasmabrennern, die so konstruiert sind, daß sich die Bohrung der Sekundärgasdüse 16 durch einen Plasmastrahl nicht wesentlich verengt, reicht dies aus. Dies trifft für Plasmabrenner zu, deren Bohrung der Sekundärgasdüse 16 mindestens doppelt so groß ist wie die Plasmabrennerdüse 14. Für kleinere Durchmesserhältnisse ist für die Versorgung mit Sekundärgas das gleiche Verfahren wie bei der Versorgung mit Plasmagas anzuwenden. Dies ist in Figur 3 dargestellt. Es wird also eine kombinierte Volumenstrom- und Druckregelung des Sekundärgases analog zur Volumenstrom- und Druckregelung der Versorgung mit Plasmagas gemäß den Figuren 1 und 2 durchgeführt.

Das Verfahren zur Versorgung mit Gas ist prinzipiell auch für das Plasmatechnologien, wie beispielsweise Plasmaschweißen, Plasmafugen, Plasmamarkieren geeignet.

In den beschriebenen Ausführungsformen ist der Druck in dem Innenraum des Plasmabrenners indirekt über die Druckmeßeinrichtungen 4a, 4b und 4c gemessen worden. Selbstverständlich könnte alternativ eine Druckmeßeinrichtung zur direkten Messung des Druckes im Innenraum des Plasmabrenners vorgesehen sein.

Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

BOEHMERT & BOEHMERT

ANWALTSSOZIOZETÄT

Boehmert & Boehmert • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen

Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstraße 12
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1973)
DIPLO.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1993)
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA*, Bremen
DIPLO.-PHYS. DR. HEINZ GODDARD, PA*, München, Shanghai
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA*, München
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante
DIPLO.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1933-1992)
DR. LUDWIG KOLKER, RA, Bremen
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA*, Bremen
MICHAELA RUTH-DIERIG, RA, München
DIPLO.-PHYS. DR. MARION TÖNIGART, PA*, Düsseldorf
DR. ANDREAS EBERT-WEDENFELLER, RA, Bremen
DIPLO.-ING. EVA LIESEGANG, PA*, München
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin
DIPLO.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRÜLS, PA*, Frankfurt
DIPLO.-PHYS. DR. STEFAN SCHIÖTH, PA*, München
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA*, Bielefeld
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen
DR. JAN BERND NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA*, München
DIPLO.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA*, Bremen
DIPLO.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA*, Berlin
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris
DIPLO.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA*, Berlin

PA - Patentanwalt/Patent Attorney
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law
• - European Patent Attorney
□ - Maître en Droit
◊ - Licencié en Droit
- Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, Potsdam
DIPLO.-PHYS. EDUARD BALMANN, PA*, Hohenlocken
DR.-ING. GERALD KLÖPSCH, PA*, Düsseldorf
DIPLO.-ING. HANS W. GROENING, PA*, Bielefeld
DIPLO.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA*, Bielefeld
DIPLO.-PHYS. LORENZ HANSENWINKEL, PA*, Paderborn
DIPLO.-ING. ANTON FRIEDRICH REIDERER V. PAAR, PA*, Leoben
DIPLO.-ING. DR. JAN TÖNNES, PA, RA, Kiel
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN BEIL, PA*, Kiel
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIFFEL, RA*, Potsdam
DR. KLAUS TIM BRÖCKER, RA, Berlin
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam
DIPLO.-ING. NILS T. F. SCHMID, PA*, München, Paris
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA*, München
DIPLO.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München
DIPLO.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA*, Frankfurt
PASCAL DECKER, RA, Berlin
DIPLO.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen
DIPLO.-CHEM. DR. JÖRK ZWICKER, PA, München
DR. CHRISTIAN MEISSNER, RA, München
DIPLO.-PHYS. DR. MICHAEL HARTIG, PA, München

In Zusammenarbeit mit in cooperation with
DIPLO.-CHEM. DR. HANS-ULRICH MAY, PA*, München

Ihr Zeichen
Your ref.

Ihr Schreiben
Your letter of

Unser Zeichen
Our ref.

Bremen,

Neuanmeldung
Patent

K10244

10. Juli 2003

Kjellberg Finsterwalde Elektroden & Maschinen GmbH, Leipziger Straße 82,
D-03238 Finsterwalde

„Verfahren zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasgemisch
und Anordnung zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasge-
misch“

Ansprüche

1. Verfahren zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasge-
misch, bei dem eine Volumenstromregelung des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasge-
misches durchgeführt wird,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Volumenstromregelung in Kombination mit einer Druckregelung des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches durchgeführt wird derart, daß mittels der Druckregelung der Betrag des Gesamtvolumenstroms durch die Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregelung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Gaszusammensetzung geregelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Innenraum des Plasmabrenners zwischen der Elektrode und der Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners direkt oder indirekt gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in Gaszuführungsrichtung vor dem Plasmabrenner gemessen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenstromregelung mittels einer Volumenstromregeleinrichtung bzw. mittels Volumenstromregeleinrichtungen durchgeführt wird und der Druck zwischen der bzw. den Volumenstromregeleinrichtung(en) und dem Plasmabrenner gemessen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drücke der Einzelgase oder einzelnen Mischgase gemessen werden und ein mittlerer Druck aus den gemessenen Drücken gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelgase oder einzelnen Mischgase zusammengeführt werden und der resultierende Druck gemessen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Einzelgase oder Mischgase zusammengeführt werden und der resultierende Druck gemessen wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstrom eines Gasgemisches geregelt wird, in dem die Volumenströme der Einzelgase oder einzelnen Mischgase des Gasgemisches geregelt werden.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Volumenstrom auf der Basis der kalorimetrischen Messung des Volumenstroms, auf der Basis der Messung des Volumenstroms aus dem Differenzdruck oder auf der Basis einer Impulsmessung geregelt wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Plasmabrenner zusätzlich mit Sekundärgas oder Sekundärmischgas oder Sekundärgasgemisch versorgt wird und der Volumenstrom des Sekundärgases oder Sekundärmischgases oder Sekundärgasgemisches geregelt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenstromregelung des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches in Kombination mit einer Druckregelung des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches durchgeführt derart, daß mittels der Druckregelung der Betrag des Gesamtvolumenstroms des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches durch die Sekundärgasdüse des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregelung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Sekundärgaszusammensetzung geregelt werden.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Plasmabrenner vor der Versorgung mit dem Gas bzw. Mischgas bzw. Gasgemisch mit einem Vorströmgas mit Druckregelung separat versorgt wird und/oder nach der Versorgung mit dem Gas bzw. Mischgas bzw. Gasgemisch mit einem Nachströmgas mit Druckregelung separat versorgt wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas, Mischgas oder Gasgemisch ein Plasmagas, Plasmamischgas oder Plasmagasgemisch ist.

14. Anordnung (10) zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas oder Mischgas oder Gasgemisch mit einer Einrichtung (18) zur Zuführung des Gases oder Mischgases oder Gasgemisches zum Plasmabrenner und einer Volumenstromregleinrichtung zur Regelung des Volumenstromes des Gases oder Mischgases oder Gasgemisches,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Volumenstromregleinrichtung mit einer Druckregleinrichtung zur Regelung des Druckes des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches derart kombiniert ist, daß mittels der Druckregleinrichtung der Betrag des Gesamtvolumenstroms durch die Plasmabrennerdüse (14) des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregleinrichtung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Gaszusammensetzung geregelt werden.

15. Anordnung (10) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine Druckmeßeinrichtung zur direkten oder indirekten Messung des Druckes im Innenraum des Plasmabrenners zwischen der Elektrode (12) und der Plasmabrennerdüse (14) des Plasmabrenners vorgesehen ist.

16. Anordnung (10) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmeßeinrichtung eine Druckmeßeinrichtung (4a, 4b, 4c) für jedes Einzelgas oder Mischgas umfaßt.

17. Anordnung (10) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmeßeinrichtung eine einzige Druckmeßeinrichtung (4a) zur Messung des Druckes der zusammengeführten Einzelgase oder Mischgase umfaßt.

18. Anordnung (10) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmeßeinrichtung mindestens eine Druckmeßeinrichtung (4a) zur Messung des Druckes von mindestens zwei zusammengeführten Einzelgasen oder Mischgasen umfaßt.
19. Anordnung (10) nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenstromregleinrichtung zur Regelung des Volumenstromes eines Gasgemisches eine Volumenstromregleinrichtung (1a, 1b, 1c) für jedes Einzelgas oder Mischgas des Gasgemisches umfaßt.
20. Anordnung (10) nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Einrichtung (20) zur Zuführung eines Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches zum Plasmabrenner und eine Sekundärgasvolumenstromregleinrichtung zur Regelung des Volumenstromes des Sekundärgases oder Sekundärmischgases oder Sekundärgasgemisches vorgesehen ist.
21. Anordnung (10) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärgasvolumenstromregleinrichtung mit einer Sekundärgasdruckregleinrichtung zur Regelung des Druckes des Sekundärgases bzw. Sekundärmischgases bzw. Sekundärgasgemisches derart kombiniert ist, daß mittels der Druckregleinrichtung der Betrag des Gesamtvolumenstroms durch die Sekundärgasdüse (16) des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregleinrichtung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Sekundärgaszusammensetzung geregelt werden.
22. Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Vorströmgaszuführeinrichtung zur separaten Zuführung eines Vorströmgas zum Plasmabrenner und eine Druckregleinrichtung (17) zur Regelung des Druckes des Vorströmgas vorgesehen sind und/oder eine Nachströmeinrichtung zur separaten Zuführung

eines Nachström��es zum Plasmabrenner und eine Druckregeleinrichtung (17) zur Regelung des Druckes des Nachström��es vorgesehen sind.

23. Anordnung (10) nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas ein Plasmagas, das Mischgas ein Plasmamischgas und das Gasgemisch ein Plasmagasgemisch ist.

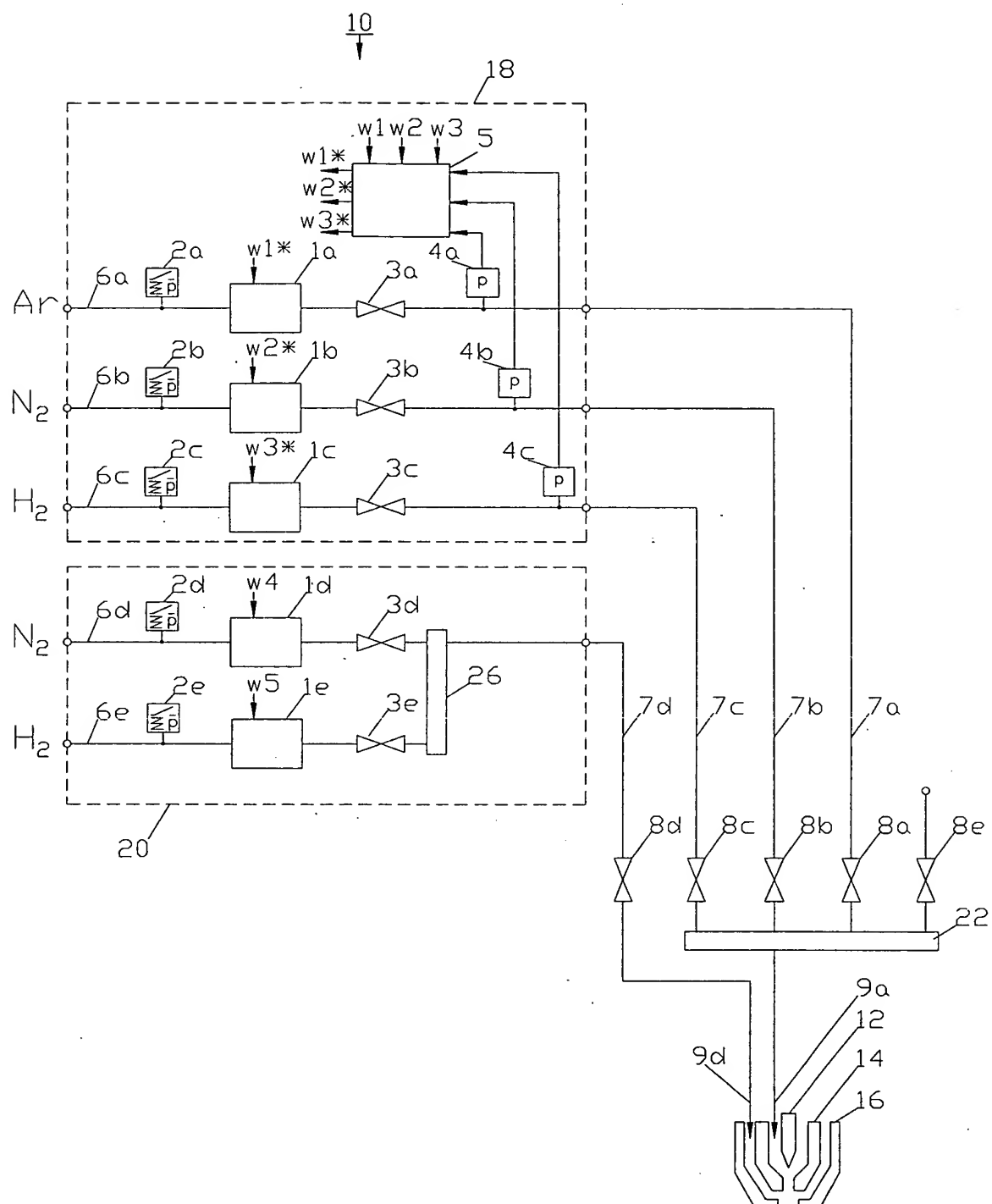
Zusammenfassung

Verfahren zur Versorgung eines Plasmabrenners mit einem Gas, Mischgas oder Gasgemisch, bei dem eine Volumenstromregelung des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenstromregelung in Kombination mit einer Druckregelung des Gases bzw. Mischgases bzw. Gasgemisches durchgeführt wird derart, daß mittels der Druckregelung der Betrag des Gesamtvolumenstroms durch die Plasmabrennerdüse des Plasmabrenners geregelt wird und mittels der Volumenstromregelung die den Gesamtvolumenstrom ergebenden Volumenstromanteile unter Berücksichtigung der gewünschten Gaszusammensetzung geregelt werden, und Anordnung zur Durchführung desselben.

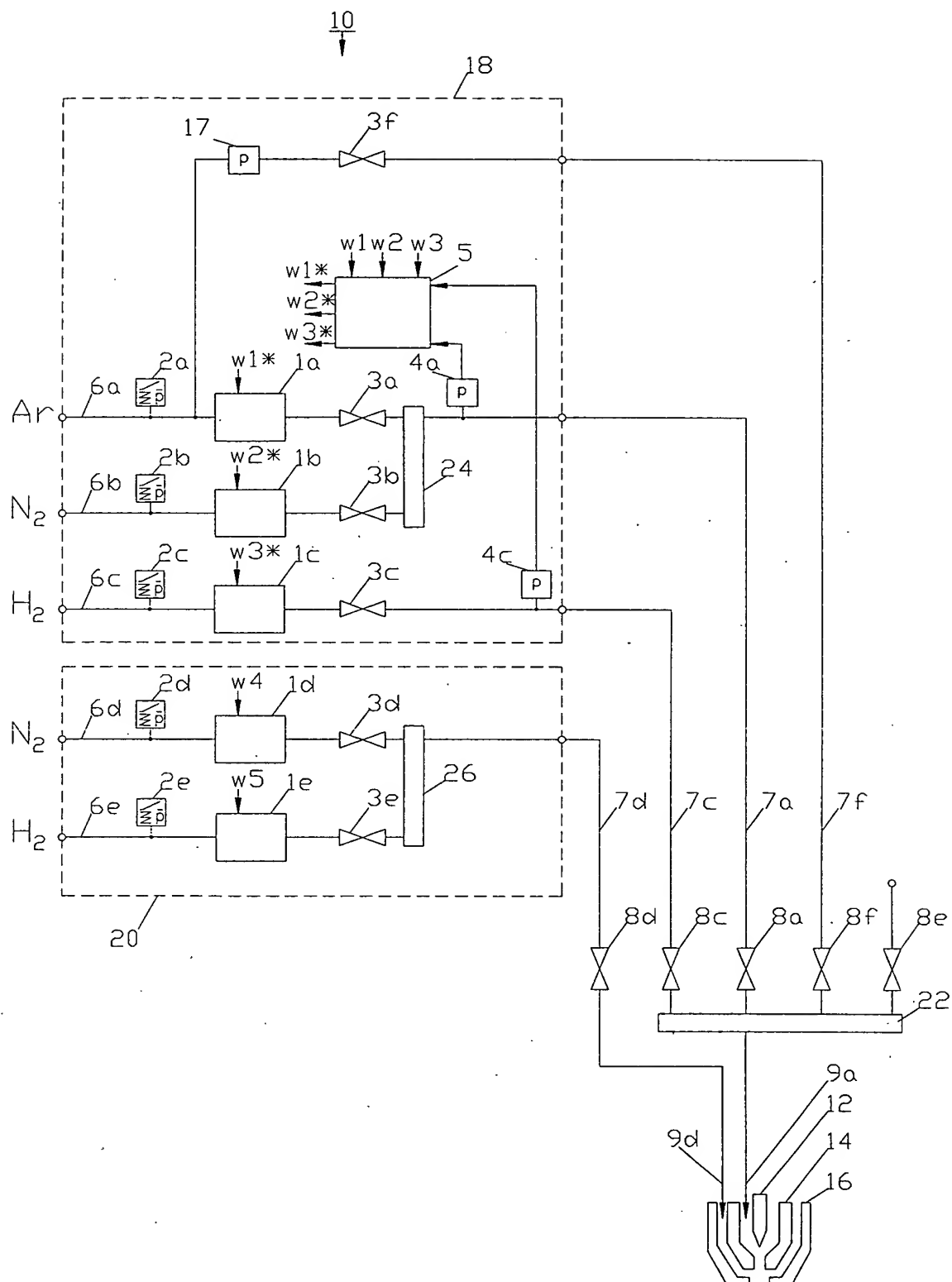
Bezugszeichenliste

1a, 1b, 1c, 1d, 1e	Volumenstromregeleinrichtungen
2a, 2b, 2c, 2d, 2e	Druckschalter
3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f	Magnetventile
4a, 4b, 4c	Druckmeßeinrichtungen
5	Steuereinrichtung
6a, 6b, 6c, 6d, 6e	Schlauchleitungen
7a, 7b, 7c, 7d	Schlauchleitungen
7f	Schlauchleitung
8a, 8b, 8c, 8e, 8f	Magnetventile
8d, 8f	Magnetventil
9a	Plasmagasgemischschlauch
9d	Sekundärgasgemischschlauch
10	Anordnung
12	Elektrode
14	Plasmapbrennerdüse
16	Sekundärgasdüse
17	Druckregeleinrichtung

18	Einrichtung zur Zuführung eines Plasmagasgemisches
20	Einrichtung zur Zuführung eines Sekundärgasgemisches
22	Plasmagasmischeinrichtung
24	Plasmagasmischeinrichtung
26	Sekundärgasmischeinrichtung
k	Faktor
w_1, w_2, w_3	neue Volumenstromsollwerte
w_1^*, w_2^*, w_3^*	Volumenstromsollwerte
p_{soll}	Drucksollwert
p_{ist}	Druckistwert



Figur 1



Figur 2

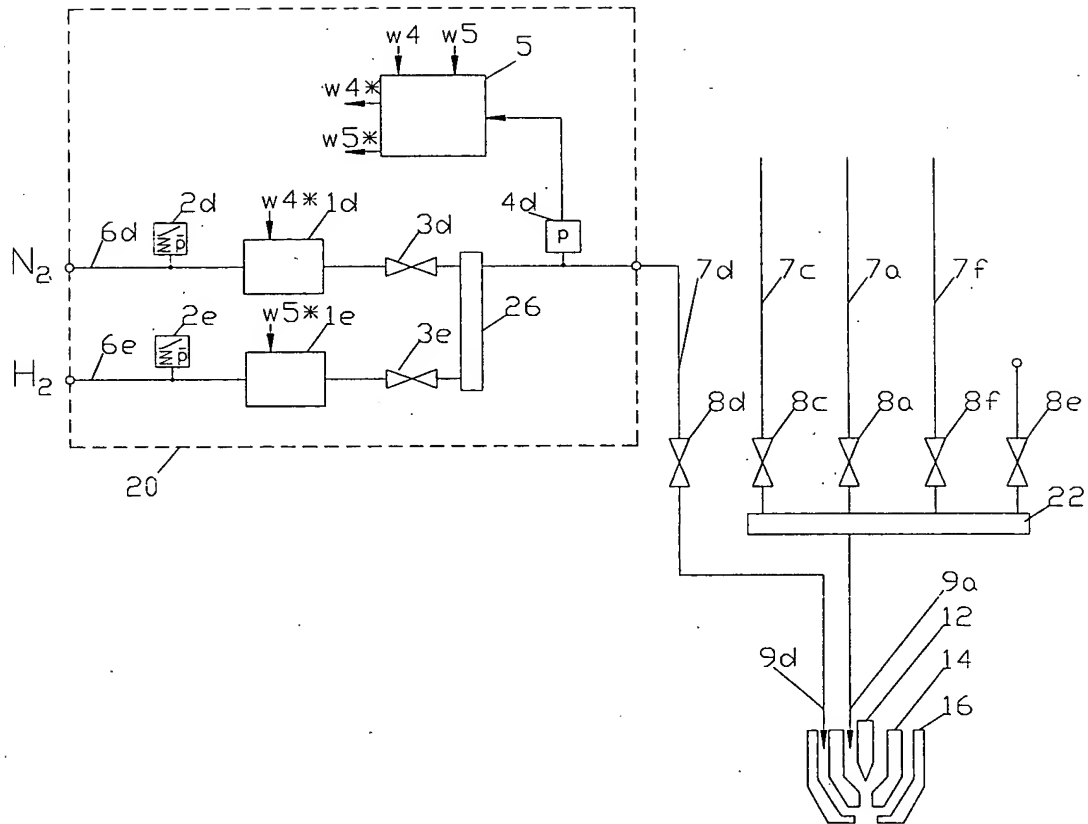
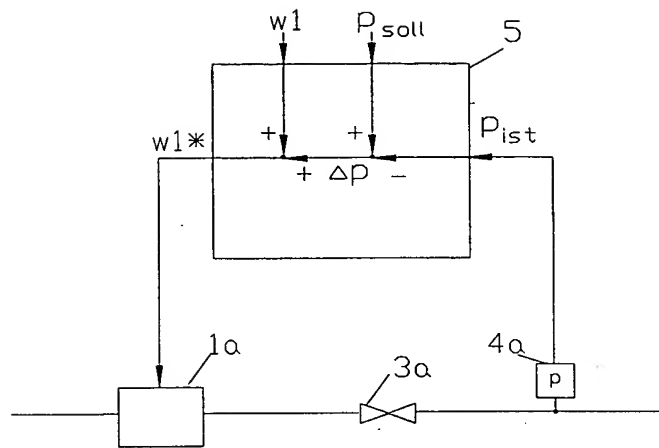


Figure 3



Figur 4